Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 183-198
Original Researc; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.89439

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۹۸-۱۸۳، نوع مقاله: پژوهشی

بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

سعید حیدرزاده[۱]، عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه[۲]* و امیر رحیمی[۳]

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت، مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛
st_s.heydarzadeh@yahoo.com
۲- استادیار زراعت، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۳- استادیار تخصصی، مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ e.rahimi@urmia.ac.ir

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۲/۱۶، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
حیدرزاده، س.، حسن‌زاده قورت‌تپه، ع.، و رحیمی، ا. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۹۸-۱۸۳.

چکیده

این بررسی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم آبیاری و یک‌بار آبیاری تکمیلی به عنوان فاکتور اول و تیمار کاربرد منابع کودی شامل کود شیمیایی (۱۰۰ درصد)،کود زیستی (فسفاته بارور۲+ازتو باکتر)، کود دامی، تیمارهای تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی+کود دامی،کود زیستی+کود دامی، ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی و تیمار شاهد به عنوان فاکتور دوم بود. نتایج نشان داد که با انجام آبیاری تکمیلی درصد پروتئین، خاکستر علوفه، کربوهیدرات محلول در آب، ماده خشک قابل‌هضم و فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز عدس افزایش نشان داد؛ اما بیشترین میزان الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی و اسیدی در شرایط دیم به‌دست آمد. بیشترین درصد پروتئین، خاکستر علوفه، کربوهیدرات محلول در آب، ماده خشک قابل‌هضم و فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی مشاهده گردید. کاربرد منابع مختلف کودی موجب افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر یک از شرایط آبیاری شد. حداکثر عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین بترتیب ۱۴۶۰/۵۲ و ۳۳۶/۳۸ کیلوگرم درهکتار در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در آبیاری تکمیلی حاصل شد. بنابراین، با مدیریت درست و استفاده تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی تحت شرایط مراحل بحرانی رشد گیاه، می‌توان به عملکرد اقتصادی بهتری تحت شرایط آبیاری تکمیلی دست یافت.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر؛ سیستم تلفیقی؛ کشاورزی پایدار؛ کود زیستی

مقدمه

عدس از جمله گیاهانی است که غالباً در اراضی حاشیه‌ای و در خاک‌های نه‌چندان حاصلخیز کشت می‌شود. در کشورهای درحال‌توسعه تقریبا یک‌چهارم نیاز پروتئین توسط حبوبات تأمین می‌گردد و عدس با دارابودن میزان پروتئین بالا نقش مهمی در تغذیه انسان در این نواحی ایفا می‌کند. این گیاه قادر است از طریق تثبیت نیتروژن، سبب بهبود حاصلخیزی خاک و در نتیجه کاهش مصرف کود شیمیایی شود (Suryapani *et al.*, 2013).

کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک، بدون

* نویسنده مسئول: a.g.hassanzadeh@gmail.com

جایگزینی مناسب و کافی باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در این رابطه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین روش برای جبران کمبود عناصر غذایی لازم خاک به نظر می‌رسد، ولی هزینه رو به افزایش کودهای شیمیایی، آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی مشکلات زیادی به‌وجود آورده است (Alloway, 2008). حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار یکی از مباحث اصلی است که سرلوحه برنامه کشورهای جهان از جمله ایران قرار گرفته است. با توجه به تأثیرات نامطلوب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، ازجمله به‌هم‌خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد و کیفیت محصولات و آلودگی منابع آب و خاک، پیداکردن روشی که بتواند مصرف این کودها را کاهش دهد، ضروری به نظر می‌رسد. با این حال به‌یک‌باره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از زیست‌بوم‌های زراعی حذف نمود، زیرا لازمه پایداری در کشاورزی، اطمینان از درآمد کافی و امنیت غذایی است. از مهم‌ترین مسائل مؤثر بر پایداری تولید غذا، حفظ حاصلخیزی خاک از طریق کاربرد کودهای آلی و نیز جایگزین‌های غیرشیمیایی به جای نهاده‌های شیمیایی می‌باشد (Agazadeh *et al*., 2018).

استفاده از کودهای آلی از مؤثرترین شیوه‌های تغذیه گیاه در جهت افزایش عملکرد، هماهنگ با محیط زیست و نیل به اهداف کشاورزی پایدار است. مواد آلی، کیفیت خاک را از طریق بهبود ساختمان خاک، نگهداری مواد غذایی و فعالیت بیولوژیکی افزایش می‌دهد. امروزه مشخص شده است که کودهای آلی در صورت اضافه‌شدن به کودهای شیمیایی می‌توانند تأثیر جبرانی و مکمل را بر خاک و گیاه داشته باشند (Abdel-Sabor & El-Seoud, 1996). تلفیق این کودها این امکان را فراهم می‌کند که در دوره ابتدایی رشد، کود شیمیایی مواد غذایی قابل جذب را برای گیاه تأمین نموده و در دوره‌های بعدی رشد، کود دامی مواد غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را در اختیار آن قرار دهد. همچنین در شرایطی که با اعمال نهاده‌ها افزایش محصول بیشتری امکان‌پذیر نباشد، استفاده از منابع بیولوژیک و آلی از طریق باروری و اصلاح خاک باعث افزایش مجدد محصول خواهد شد (Hasanzadeh Gorttapeh & Zahedmanesh., 2006).

مصرف کودهای زیستی موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی شده و علاوه بر تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به حفظ محیط زیست، حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی و عملکرد بیشتر و بهتر گیاهان می‌انجامد (Rai & Gaur, 1988). علاوه بر این، باعث افزایش مقاومت گیاهان به شرایط کم‌آبی، بیماری‌ها و آفات شده و باعث رشد بیشتر محصول می‌شوند (Mohammadi & Sohrabi, 2012). نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که با مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی شرایط مناسب و ایده آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود و ضمن کاهش هزینه تولید، عملکرد کمی و کیفی گیاهان نیز افزایش می‌یابد (Seyed Sharifi *et al*., 2014). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند ازتوباکتر به‌دلیل توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال در خاک، در توسعه سامانه ریشه‌ای تأثیر مثبت و مفیدی دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، در افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های خاک مؤثرند (Wani *et al*., 2016). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می گردد (Agazadeh *et al*., 2018).

بخش اعظم اراضی کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شوند و در این نواحی مهم‌ترین منبع محدودکننده برای افزایش عملکرد تولیدات کشاورزی، کمبود آب می‌باشد. از این رو، افزایش بهره‌وری آب در مقایسه با محصول تولیدی در واحد سطح بهترین راهکار برای سامانه‌های زراعی دیم می‌باشد. در زراعت دیم، بسیاری از پدیده‌ها و عوامل، با وجود تأثیرگذاربودن آن‌ها در زراعت، غیرقابل‌کنترل یا تعدیل هستند. تغییرات بارندگی در سال‌های مختلف، تغییرات مقدار و نحوه پراکنش نزولات جوی، تغییرات درجه حرارت و عدم وقوع بارندگی در بخشی از سال زراعی که از ویژگی‌های خاص زراعت دیم است، سبب شده که میزان خطرپذیری در زراعت دیم بالا بوده و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری تولید اندک باشد (Hamzei & Sadeghi Meabadi, 2014). آبیاری تکمیلی عملیاتی با کارآیی بالا است که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود معیشت در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است، به طوری‌که تأمین یک یا دو نوبت آبیاری تکمیلی در دیم‌کاری غلات و حبوبات، موجب اطمینان از تولید محصول و افزایش

چشمگیر تولید در این مناطق می‌گردد (Jalilian & Heydarzadeh, 2017). آبیاری تکمیلی، تلفیقی از حداکثر استفاده مطلوب از نزولات جوی و ذخایر آبی بسیار محدود یک منطقه در تأمین رطوبت در زمان مناسب برای گیاه می‌باشد. Oweis & Hachum (2006) گزارش کردند که در اعمال یک دور آبیاری تکمیلی در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد غلاف‌دهی نخود (*Cicer arietinum* L.)، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی بیشترین تأثیر را روی عملکرد داشت و عملکرد بیشتری نسبت به شاهد (بدون آبیاری) تولید کرد (Nasri *et al.*, 2012).

با توجه به این‌که تحقیقات محدودی در زمینه به‌زراعی برای گیاه عدس انجام شده است و همچنین نظر به اهمیت کشت انبوه این گیاه و ارتقاء خصوصیات کیفی علوفه آن در کشور، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر مصرف مستقل و تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی (فسفاته بارور۲ و ازتو باکتر)، دامی (کود گاوی) و شیمیایی (NPK) بر خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد.

قبل از کاشت، از محل اجرای آزمایش نمونهٔ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی براساس نقشه طرح، در کرت‌های مورد نظر اعمال و با خاک مخلوط گردید. اعمال تیمارهای کود شیمیایی و دامی، براساس آزمون خاک به مقدار ۴۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار تماماً قبل از کاشت برای تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی مورد نظر اعمال گردید. در تیمار کودی تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی و زیستی نصف این مقادیر اعمال شد. به علت بالابودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد. کود دامی (گاوی) کاملاً پوسیده (۲۰ تن در هکتار) نیز همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین به کرت‌های مورد نظر اضافه و کاملاً با خاک مخلوط گردید. تیمارها شامل عدم آبیاری در طول فصل رشد و یک‌بار آبیاری تکمیلی به عنوان فاکتور اول و منابع مختلف کودی شامل استفاده از کود شیمیایی (۱۰۰ درصد)،کود زیستی (فسفاته بارور۲+ازتو باکتر)، کود دامی، تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی+کود دامی،کود زیستی+کود دامی، ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی و تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) به عنوان فاکتور دوم بودند.

برای تیمارهای دارای کود زیستی بذر گیاه عدس رقم بیله‌سوار یک ساعت قبل از کشت باکود زیستی فسفاته بارور۲ (باکتری‌های حل‌کننده فسفات) و ازتوباکتر (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن) با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و براساس دستورالعمل توصیه‌شده (ساخت شرکت زیست‌فناور سبز، شامل $۱۰^۸$ عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) تلقیح شدند. به این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شدند تا یک پوشش کاملاً یکنواخت روی سطح آن‌ها تشکیل شود و سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت. برای سایر تیمارهای کودی، بذور بدون استفاده از کودهای زیستی مورد استفاده قرار گرفتند. هر واحد آزمایشی به ابعاد دو متر عرض در سه متر طول در نظر گرفته شد.

در دهه اول اسفندماه بذور عدس به‌صورت دستی در عمق ۷-۵ سانتی‌متری به روش مسطح کشت گردید. یک‌بار آبیاری تکمیلی در شروع گلدهی با نصب کنتور حجمی توسط تانکر انجام گرفت. مقدار آب آبیاری تکمیلی براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (Aboutalebi *et al.*, 2020):

معادله (۱)

$$VN= [(FC-WP)\times BD\times D\times(۱-ASM)\times A]/۱۰۰$$

در این رابطه، FC درصد وزنی رطوبت درحد ظرفیت مزرعه ای،WP درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی،BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D عمق توسعهٔ ریشه (متر)، ASM رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل از آبیاری و A مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد. در جدول ۱ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی ذکر شده است. نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی و کود دامی
Table 1. Physical and chemical properties of the soil and manure

	بافت خاک Soil texture	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$ (ds/m)	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	نیتروژن کل T.N (%)	فسفر قابل جذب P available (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K available (mg/kg)
خاک Soil	رس سیلتی Silty clay	7.9	0.83	0.98	0.14	10.5	407
کود دامی Manure	-	7.1	6.3	18.6	1.28	0.99	1.12

در مرحله گلدهی کامل بعد از حذف اثرات حاشیه‌ها، بوته‌های موجود در مساحت یک مترمربع برداشت و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و مقادیر ثبت‌شده به عنوان عملکرد خشک علوفه درنظرگرفته شدند. سپس از هر کرت نمونه‌های خشک به‌وسیله آسیاب پودر شدند و ۱۰ گرم علوفه پودرشده انتخاب و جهت اندازه‌گیری صفات کیفی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انتقال داده شدند. صفات کیفی شامل ماده خشک قابل‌هضم (DDM)[۱]، پروتئین خام (CP)[۲]، خاکستر علوفه (Ash)، الیاف محلول در شوینده خنثی (NDF)[۳]، الیاف محلول در شوینده اسیدی (ADF)[۴] و کربوهیدرات محلول در آب (WSC)[۵] با استفاده از فناوری طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS)[۶] انجام شد. سیستم NIRS مورد استفاده سری اینفراماتیک۸۶۰[۷] شرکت پرتن[۸] با ۲۰ طول موج در دامنه ۲۴۰۰-۵۰۰ نانومتر بود (Li *et al*., 2010). صفاتی از قبیل کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از دستگاه اسپکترومتری و اتانول ۸۰درصد در مرحله گلدهی به‌صورت تصادفی از قسمت‌های انتهایی بوته اندازه‌گیری شدند (Swidzinski *et al*., 2004).

فعالیت کاتالاز از روی تغییرات غلظت H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر ارزیابی شد. در این روش آنزیم کاتالاز موجود در نمونه با تجزیه پراکسید هیدروژن سبب کاهش جذب این ماده در طول موج ۲۴۰ نانومتر می‌شود. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH= ۷/۵)، ۰/۱میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۱ درصد و ۵۰ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی می‌باشد. فعالیت آنزیمی براساس تغییرات جذب در ۶۰ثانیه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین قرائت شد (Maehly & Chance, 1959). اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز براساس احیای گلوتاتیون اکسیدشده (GSSG) توسط آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز با مصرف NADPH انجام شد (Swidzinski *et al*., 2004). مخلوط واکنش شامل ۱۰۰میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=۷)، ۰/۵ میلی‌مولار گلوتاتیون اکسیدشده (GSSG)، ۵۰ میکرومولار NADPH، ۱/۵ میلی‌مولار $MgCl_2$، ۰/۲ میلی‌مولار Na_2EDTA و عصاره آنزیمی می‌باشد. میزان جذب نوری با اسپکترومتر در طول موج ۳۴۰ نانومتر صورت گرفت. همچنین عملکرد پروتئین از حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد خشک علوفه به‌دست آمد. تجزیه مرکب داده‌ها پس از اطمینان از نرمال‌بودن با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

پروتئین خام علوفه (CP)

تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین خام علوفه داشتند (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده، در شرایط انجام آبیاری تکمیلی درصد پروتئین خام علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). تنش کم‌آبی، رشد گیاه زراعی، فتوسنتز برگ و واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با انجام آبیاری تکمیلی شرایط مطلوب رطوبتی گیاه جهت ساخت و تثبیت نیتروژن فراهم می‌شود. به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی در مراحل زایشی دوام بافت‌های سبز گیاه را در طی این مرحله طولانی‌تر می‌سازد، لذا کیفیت فتوسنتزی برگ و انتقال عناصر غذایی با کیفیت مناسبی ادامه می‌یابد (Panday *et al*., 2018) که همین امر سبب افزایش درصد پروتئین علوفه گیاه می‌شود.

۱- Digestible Dry Matter
۲- Crude Protein
۳- Neutral Detergent Fiber
۴- Acid Detergent Fiber
۵- Water Soluble Carbohydrate
۶- Near Infrared Reflectance Spectroscopy
۷- Inframatic860
۸- Perten

جدول ۲ - تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی عدس علوفه‌ای تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری و منابع مختلف کودی

Table 2. The variance analysis of quantitative and qualitative traits of forage lentil under the influence of irrigation regimes and different sources of fertilizer

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	پروتئین خام CP	الیاف نامحلول شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول شوینده خنثی NDF	کربوهیدرات های محلول WSC	خاکستر علوفه Ash	ماده خشک قابل هضم DMD	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b)	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity	آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase enzyme	عملکرد علوفه Forage yield	عملکرد پروتئین Protein forage yield
تکرارBlock	2	0.03	1.81	0.48	7.24	0.02	1.09	0.00005	0.001	0.002	0.004	0.13	0.0005	5268.48	208.80
آبیاری تکمیلی Irrigation regimes	1	68.88**	266.96**	371.96**	214.03**	0.90**	161.88**	25.33**	7.27**	59.87**	8**	20.25**	11.49**	343635.04**	41747.22**
کود Fertilizer	7	9.28**	34.81**	56.93**	40.41**	0.76**	21.13**	1.46**	0.44**	3.48**	0.59**	3.30**	2.44**	204342.91**	15385.99**
آبیاری × کود	7	1.68ns	0.54ns	0.75ns	0.92ns	0.03ns	0.34ns	0.63**	0.12**	1.23**	0.32**	0.25**	0.29ns	11428.78*	783.37**
اشتباه آزمایش Error	30	0.73	1.58	7.17	8.32	0.03	0.96	0.005	0.008	0.01	0.004	0.03	0.18	3627.01	181.04
ضریب تغییرات Cv (%)		4.21	4.1	7.13	15.97	2.15	1.54	2.70	5.14	3.84	4.50	3.61	17.75	5.95	6.45

*، ** وns به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

*, ** and ns, Significant at 5% and 1% levels of probability, non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کیفی عدس علوفه‌ای در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 3. Mean comparison of qualitative traits of forage lentil under rainfed and supplementary irrigation

رژیم آبیاری Irrigation regimes	پروتئین خام CP (%)	الیاف نامحلول شوینده اسیدی ADF (%)	الیاف نامحلول شوینده خنثی NDF (%)	کربوهیدرات‌های محلول WSC (%)	خاکستر علوفه Ash (%)	ماده خشک قابل هضم DMD (%)	آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase (enzyme (U mg protein
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	21.54 a	28.29 b	34.75 b	20.17 a	9 a	66.86 a	2.91 a
دیمRainfed	19.14 b	33 a	40.32	15.95 b	8.73 b	63.18 b	1.93 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters have no significant difference according to Duncan's multiple range test (P≤0.05).

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اثر کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی پروتئین خام علوفه عدس افزایش یافت، به طوری‌که کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود (شاهد)، پروتئین خام علوفه را ۱۷/۳۷ درصد افزایش داد. همچنین تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی، تیمار تلفیقی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی+کود دامی و تیمار تلفیقی کود زیستی+کود دامی تأثیر یکسانی بر میزان پروتئین خام علوفه عدس نشان دادند (جدول ۴). به نظر می‌رسد با تأمین رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در تیمار تلفیقی کودی، زمینه مناسبی برای رشد و جذب عناصر غذایی برای گیاه فراهم شده که همین امر سبب افزایش پروتئین علوفه گیاه عدس گردیده است. از آنجا که کودهای زیستی، دارای مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر می‌باشند، دلیل این امر می‌تواند به باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نسبت داده شود که موجب تثبیت نیتروژن و ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی پرمصرف از جمله نیتروژن در گیاه شده است (Bilal *et al*., 2017).

نیتروژن به دلیل این‌که یکی از ساختارهای اصلی اسیدهای آمینه می‌باشد، سبب افزایش درصد پروتئین نیز می شود و به طورکلی نیتروژن موجود در کود دامی و شیمیایی با جذب نیتروژن توسط گیاه، سبب افزایش سطح برگ و نیز افزایش میزان پروتئین خام و کاهش بخش‌های خشبی و لیگنینی در علوفه خواهد شد (Ahmad *et al*., 2011). با افزایش سطوح مصرفی کود دامی، سطح برگ‌ها نیز افزایش یافته و در اثر افزایش نسبت برگ به ساقه، میزان پروتئین افزایش و بخش‌های خشبی و لیگنینی در علوفه کاهش می یابند (Tavassoli *et al*., 2010).

الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF)

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر روی الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) علوفه معنی‌دار بود (جدول۲)؛ به‌طوری‌که گیاهان دیم میزان بیشتری الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) را نسبت به شرایط انجام آبیاری تکمیلی نشان دادند (جدول ۳). Daneshnia *et al*, (2016) اظهار داشتند که گیاهان در مواقع بروز تنش‌های محیطی، اقدام به مرگ تنظیم‌شده سلولی می‌نمایند که این روند تغییرات سبب تغییر در ساختار سلولی شده و لذا در این حالت درصد الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) گیاه افزایش می‌یابد. لذا کوتاه‌شدن دوره رشد گیاهان علوفه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی از طریق افزایش دیواره‌های سلولی، افزایش لیگنینی‌شدن اندام‌های مختلف گیاه و افزایش الیاف خام در اجزای گیاهی باعث کاهش کیفیت گیاهان علوفه‌ای می‌شود (Daneshnia *et al*., 2016). به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی این روند را کند کرده و مانع از افزایش چشمگیر میزان افزایش الیاف خام می‌شود. به عبارتی دیگر، می‌توان چنین تصور کرد که افزایش مقدار پروتئین مانع از افزایش میزان فیبر خام در گیاه شده است (Martínez-López *et al*., 2009).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل منابع مختلف کودی نشان داد کمترین میزان الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی حاصل شد. این در حالی بود که بیشترین میزان این صفت‌ها از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). کاهش NDFو ADF علوفه یونجه را به کاهش سلولز در شرایط کاربرد کود زیستی نسبت داده‌اند (Lithourgidis *et al*., 2006). نتیجه تحقیقی نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد باعث کاهش میزان ADF نسبت به شاهد بوده است. این بدان معنی است که علوفه تولیدشده توسط باکتری‌های محرک رشد دارای کیفیت بالاتری است (Yolcu *et al*., 2012). احتمالاً کاهش میزان NDF و ADF در گیاه عدس به دلیل افزایش ترکیبات غیرساختاری در بافت گیاهی می‌باشد.

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

کربوهیدرات‌های محلول در آب تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و منابع مختلف کودی قرار گرفت (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده در شرایط انجام آبیاری تکمیلی میزان کربوهیدرات محلول در آب علوفه نسبت به شرایط دیم به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول ۳). محتویات کربوهیدرات‌های محلول در آب می‌تواند تحت تأثیر عملکردهای مدیریتی مانند مقدار مصرف کود نیتروژنه و نحوه بهره‌برداری قرار گیرد. در واقع با تأمین عناصر و آب مورد نیاز گیاه طی فصل رشد، شرایط برای فتوسنتز فراهم و در نهایت میزان کربوهیدرات‌ها افزایش پیدا می‌کند (Sardrood *et al*., 2013).

مقایسه میانگین منابع مختلف کودی نشان داد که کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی منجر به افزایش میزان

کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه عدس شد (جدول ۴). بر این اساس، بیشترین مقدار این صفت از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی با میزان ۲۰/۸۸ درصد به‌دست آمد. اما کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در با میزان ۱۳/۵۵ درصد از تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) حاصل شد (جدول ۴)، به‌طوری‌که کاربرد منابع مختلف کودی با تأمین عناصر غذایی و شرایط مناسب برای رشد و نمو گیاه عدس از طریق حفظ مسیر فتوسنتزی گیاه سبب افزایش کربوهیدرات محلول در آب علوفه عدس در تیمار تلفیقی منابع مختلف کودی گردید. به عنوان مثال، با کاربرد منابع مختلف کودی سوبسترای بیشتری برای سنتز قند فراهم می‌شود و مواد فتوسنتزی بیشتری به ساخت کربوهیدرات‌ها اختصاص داده می‌شود (Farahani & Chaichi, 2013) که می‌تواند افزایش کربوهیدرات‌های محلول در علوفه عدس کشت‌شده در تیمار تلفیقی را توجیه کند.

خاکستر علوفه (Ash)

هر دو عامل آبیاری و منابع مختلف کودی بر میزان خاکستر علوفه تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل آبیاری نشان داد که میزان خاکستر علوفه در شرایط انجام آبیاری تکمیلی به طور معنی‌دار بیشتر از مقادیر به‌دست‌آمده از این صفت در شرایط دیم بود (جدول ۳). میزان خاکستر علوفه در تیمارهای آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب، ۹ و ۸/۷۳ درصد بود (جدول ۳). مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بیانگر درصد خاکستر می‌باشد و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم‌آبی کاهش می‌یابد، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است (Ullah, 2010).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین منابع مختلف کودی به وضوح نشان داد که کاربرد تلفیقی کودها در مقایسه با شاهد منجر به افزایش معنی‌دار میزان خاکستر علوفه گردید (جدول۴). بیشترین افزایش در این رابطه از تیمار تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی به‌دست آمد که در مقایسه با سایر تیمارها از نظر آماری به طور معنی‌داری بیشتر بود. میزان خاکستر علوفه در این تیمار به ترتیب ۹/۲۸درصد بود. کمترین مقادیر این صفت در تیمار شاهد با مقدار ۸/۴۲ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). علت افزایش خاکستر علوفه با کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی این است که نیتروژن باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هرچه ریشه گیاه گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیشتر خواهد شد و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی، مقدار بیشتری از مواد معدنی را نیز در خود ذخیره می‌کند (Tavassoli *et al*., 2010; Ahmad *et al*., 2011). به این دلیل، استفاده از کودهای شیمیایی و آلی، اثرات مثبت بر درصد خاکستر کل در عدس داشت. این در حالی است که استفاده آن به صورت تلفیقی اثرات بیشتری بر درصد خاکستر کل نشان داد. افزایش میزان خاکستر در اثر استفاده از کودهای آلی می‌تواند به دلیل آزادشدن تدریجی عناصر غذایی و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه در اثر کاربرد کود دامی و زیستی باشد.

ماده خشک قابل‌هضم (DMD)

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر روی ماده خشک قابل‌هضم معنی‌دار بود (جدول ۲). ماده خشک قابل‌هضم حاصل از آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۶۶/۸۶ و ۶۳/۱۸ درصد بود (جدول ۳)، به‌طوری که ماده خشک قابل‌هضم، اغلب نماینده انرژی قابل‌هضم بوده و ارتباط مستقیمی با میزان انرژی و دیگر عناصر غذایی قابل دریافت توسط دام دارد. علاوه بر این، قابلیت هضم علوفه مهم‌ترین شاخص برای افزایش وزن دام و تولید شیر است. Bilal (2017)، پایین‌بودن مواد غذایی قابل‌هضم را در گیاهی که دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز آن بالا بود را گزارش کرده است که این نتیجه قابل تعمیم به نتیجه آزمایش حاضر از جهت پایین‌بودن قابلیت هضم و بالابودن دیواره سلولی عاری از همی سلولز عدس در تیمار کنترل (شرایط دیم و بدون کاربرد منابع مختلف کودی) است، به‌طوری‌که انجام آبیاری تکمیلی از طریق افزایش رشد و نمو گیاه سبب افزایش نسبت برگ به ساقه شده است که همین امر سبب افزایش قابلیت هضم علوفه عدس در شرایط انجام آبیاری تکمیلی گردیده است.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل منابع مختلف کودی نشان داد بیشترین ماده خشک قابل‌هضم با میزان ۶۸/۲۷ درصد از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی حاصل شد. این در حالی بود که کمترین میزان این صفت‌ها از تیمار شاهد با میزان ۶۲/۵۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج این تحقیق نشان داد که به‌کارگیری تیمارهای کود شیمیایی و زیستی اثرات مثبت بر ماده خشک قابل‌هضم علوفه عدس داشت. این در حالی است که استفاده آن به‌صورت تلفیقی اثرات به‌مراتب بیشتری بر ماده خشک قابل‌هضم

علوفه نشان داد (جدول ۴). دلیل آن را می‌توان به کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه موجود در کود زیستی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در کود دامی که سبب بهبود رشد گیاه شده است نسبت داد که همین امر سبب افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک علوفه عدس گردیده است. با توجه به همبستگی منفی DDM با NDF و ADF علوفه (Li *et al*., 2010) و کاهش معنی‌دار NDF و ADF در شرایط تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی، افزایش DDM قابل توجیه است. گزارش شده است که استفاده از میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌هایی محرک رشد، سبب افزایش قابلیت هضم علوفه و به تبع آن بهبود کیفیت علوفه را می‌گردد که این مسئله، به‌واسطه افزایش پروتئین خام و درصد خاکستر علوفه می‌باشد (Agazadeh *et al*., 2018). پژوهشگران با بررسی تأثیر کودهای آلی بر سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) بیان داشتند که مصرف کودهای آلی، بهبود قابلیت هضم ماده خشک را به دنبال داشت (Pholsen & Suksri, 2004)، به‌طوری‌که در مرحله رشد رویشی به دلیل دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی در تیمار تلفیقی منابع مختلف کودی به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب است، سبب افزایش ماده خشک قابل‌هضم علوفه شده است.

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت اثر متقابل تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b ، کلروفیل کل و کارتنوئید، به‌ترتیب با ۴/۶۰، ۲/۷۳، و ۷/۳۴ و ۲/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، تحت تأثیر کاربرد تیمار تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در گیاهان آبیاری‌شده به‌دست آمد. در حالی که کمترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b ، کلروفیل کل و کارتنوئید به ترتیب با ۱/۷۳، ۱/۱۵، ۲/۸۸ و ۰/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، از تیمار بدون کاربرد کود (شاهد) در زراعت دیم به‌دست آمد (جدول ۵). به نظر می رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد (Swidzinski *et al*., 2004). کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل، تشدید فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، تولید ترکیبات فنلی، افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن و آسیب‌رساندن به غشاء کلروپلاست و اختلال در جذب نیتروژن از خاک به عنوان مهم‌ترین عوامل کاهنده غلظت کلروفیل در تنش‌های کم‌آبی شناخته شده‌اند (Hasanzadeh Gorttapeh & Zahedmanesh, 2006). مصرف کودهای شیمیایی و دامی با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها شده که به‌دنبال آن، سبزینه‌گی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Rahimi *et al*., 2019). منابع زیستی مانند کود آلی در مخلوط با کود شیمیایی نیز می‌توانند به حاصلخیزی خاک و تولید محصول منجر شوند، زیرا این نظام اکثر نیازهای غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و بازده جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش می‌دهد. در تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که کاربرد کود آلی و زیستی با جلوگیری از آبشویی نیتروژن و تأمین بیشتر آن تولید مواد محرک رشد، افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین افزایش دسترسی و جذب کارآتر عناصر غذایی، منجر به افزایش سنتز و غلظت کلروفیل برگ شده‌اند (Ullah, 2010).

فعالیت آنزیم کاتالاز

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۶/۰۳ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در گیاهان آبیاری به‌دست آمد، به طوری که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان دیم نسبت به گیاهان آبیاری‌شده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد منابع مختلف کودی در مقایسه با شاهد، تأثیر معنی‌داری در افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر یک از شرایط آبیاری نشان داد. کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۲/۱۲ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار عدم مصرف کود تحت شرایط دیم مشاهده شد (جدول ۵). کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز به عنوان یک پاسخ کلی به تنش آبی به عنوان نتیجه‌ای از مهار سنتز آنزیم و غیرفعال‌شدن نوری آنزیم بوده و یا ممکن است با تخریب ناشی از پروتئازهای پراکسی‌زومی القاءشده مرتبط باشد (Liu *et al*., 2008).

در شرایط تنش، افزایش متوسط فعالیت کاتالاز برگ تحت مصرف منابع مختلف کودی نشان می‌دهد که کاربرد تلفیق منابع مختلف کودی قادر به افزایش فعالیت این آنزیم برای مقابله با خسارت اکسیداتیو ناشی از کمبود آب است. لذا کاربرد منابع مختلف کودی قادر به تنظیم واکنش‌های اکسیداتیو و دفاع آنتی اکسیدانتی می‌باشد (Jasim *et al*., 2018).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر منابع مختلف کودی بر صفات کیفی عدس علوفه‌ای

Table 4. Mean comparison of qualitative traits of forage lentil under the influence of sources fertilizer sources

منابع مختلف کودی Different sources of fertilizer	پروتئین خام CP (%)	الیاف نامحلول شوینده اسیدی ADF (%)	الیاف نامحلول شوینده خنثی NDF (%)	کربوهیدرات‌های محلول WSC (%)	خاکستر علوفه Ash (%)	ماده خشک قابل هضم DMD (%)	آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase (enzyme (U mg protein
Control شاهد	18.92 d	33.87 a	40.83 a	13.55 c	8.42 c	62.51 d	1.32 e
100% Chemical fertilizer ۱۰۰٪ کود شیمیایی	19.88 bcd	31.63 b	39.36 ab	16.23 bc	9 b	64.25 c	1.84 d
Biofertilizer کود زیستی	19.79 bcd	32.61 ab	39.93 a	17.56 ab	8.47 c	63.49 cd	2.44 bc
Manure کود دامی	19.25 cd	31.51 b	39 ab	16.25 bc	8.45 c	64.35 c	2.02 cd
50% Chemical fertilizer + Biofertilizer ۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی	20.90 b	28.31 c	34.97 c	20.59 a	9.23 ab	66.84 b	3.03 a
100% Chemical fertilizer +Manur ۱۰۰٪ کود شیمیایی + کود دامی	20.24 bc	29.47 c	36.09 bc	19.44 ab	9.06 ab	65.94 b	2.70 ab
Biofertilizer + Manure کود زیستی + کود دامی	20.82 b	31.30 b	38.49 ab	19.98 ab	9.01 b	64.51 c	2.84 ab
50% Chemical fertilizer + Biofertilizer + Manur ۵۰٪ کود شیمیایی +کود زیستی + کود دامی	22.90 a	26.48 d	31.63 d	20.88 a	9.28 a	68.27 a	3.14 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters have no significant difference according to Duncan's multiple range test (P≤0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی گیاه عدس علوفه‌ای تحت تأثیر اثر متقابل شرایط آبیاری و منابع مختلف کودی

Table 5. Mean comparison of quantitative and qualitative traits of forage lentil under the interaction of irrigation conditions and different fertilizer sources

رژیم آبیاری Irrigation regimes	منابع مختلف کودی Different sources of fertilizer	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg/g FW)	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity (µmol/g FW)	عملکرد علوفه Forage yield (Kg/ha)	عملکرد پروتئین Protein forage yield (Kg/ha)
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	Control شاهد	2.52 f	1.65 de	4.17 g	1.17 d	3.09 fg	769.02 jk	254.28g
	100% Chemical fertilizer ٪۱۰۰ کود شیمیایی	2.58 f	1.77 cd	4.35 g	1.20 d	4.15 d	939.92 fgh	200.54ef
	Biofertilizer کود زیستی	3.38 d	2.25 b	5.64 e	1.98 c	4.16 d	1038 def	223.38de
	Manure کود دامی	3.00 e	1.86 c	4.86 f	1.21 d	4.15 d	954.78 fgh	191.67 f
	50% Chemical fertilizer + Biofertilizer ٪۵۰ کود شیمیایی + کود زیستی	4.36 b	2.70 a	7.06 b	2.32 b	5.20 b	1329.50 b	300.68 b
	100% Chemical fertilizer +Manur ٪۱۰۰ کود شیمیایی + کود دامی	3.71 c	2.28 b	6.09 d	2.02 c	4.29 d	1072.42 de	230.61 d
	Biofertilizer + Manure کود زیستی + کود دامی	4.26 b	2.38 b	6.55 c	2.23 b	4.91 c	1198.73 c	265.37 c
	50% Chemical fertilizer + Biofertilizer + Manur ٪۵۰ کود شیمیایی +کود زیستی + کود دامی	4.60 a	2.73 a	7.34 a	2.45 a	6.03 a	1460.52 a	336.38 a
دیم Rainfed	Control شاهد	1.73 k	1.15 i	2.88 l	0.85 g	2.12 i	695.96 k	124.23 h
	100% Chemical fertilizer ٪۱۰۰ کود شیمیایی	1.88 j	1.31 h	3.19 k	0.95 fg	2.71 h	796.27 ijk	146.70 g
	Biofertilizer کود زیستی	2.13 i	1.44 fgh	3.58 j	0.98 f	3 fgh	850.75 hij	159.71 g
	Manure کود دامی	2.12 i	1.37 gh	3.50 j	0.97 f	2.85 gh	886.67 ghi	156.49 g
	50% Chemical fertilizer + Biofertilizer ٪۵۰ کود شیمیایی + کود زیستی	2.27 gh	1.56 ef	3.83 hi	1.13 de	3.80 e	1042.70 def	199.89 ef
	100% Chemical fertilizer +Manur ٪۱۰۰ کود شیمیایی + کود دامی	2.14 hi	1.45 fgh	3.64 ij	1.02 ef	3.30 f	967.16 efg	183.58 f
	Biofertilizer + Manure کود زیستی + کود دامی	2.19 ghi	1.52 efg	3.66 ij	1.03 ef	3.78 e	1022.88 ef	199.23ef
	50% Chemical fertilizer + Biofertilizer + Manur ٪۵۰ کود شیمیایی +کود زیستی + کود دامی	2.31 g	1.58 ef	3.89 h	1.13 de	3.84 e	1146.72 cd	261.21 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters have no significant difference according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز

تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز داشتند (جدول ۲)، به‌طوری که مقایسه میانگین داده‌های به‌دست‌آمده، به وضوح نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی بیشترین تأثیر را در افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز نشان داد (جدول ۳). تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافت. به نظر می‌رسد زمانی که گیاه در معرض تنش‌های اکساینده قرار می‌گیرد، سلول‌های گیاهی با افزایش توانایی سیستم دفاعی ضداکساینده تلاش می‌کنند تا با تنش اکساینده مقابله کنند. اما زمانی‌که پاسخ سلول به تنش کافی نباشد، سلول و در نتیجه گیاه به سمت مرگ برنامه‌ریزی‌شده هدایت می‌شود (Swidzinski *et al*., 2004).

بیشترین (۳/۱۴ میلی‌گرم پروتئین) و کمترین (۱/۳۲ میلی‌گرم پروتئین) میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز، به ترتیب در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی و تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش فعالیت آنزیمی در اثر مصرف منابع مختلف کود نشان داد که کاربرد تلفیقی کودها خسارت تنش اکسیداتیو ناشی از تنش کمبود آب را کاهش می‌دهند. گزارش شده است که کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی به گیاهان کمک می‌کند تا با تنش کم‌آبی مقابله کنند و احتمالاً با حفظ فرایندهای فتوسنتزی در اثر افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانتی، روبرو می‌شوند (Jasim *et al*., 2018).

عملکرد علوفه

اثر متقابل تیمارهای آزمایشی (آبیاری و منابع مختلف کودی) بر عملکرد علوفه عدس معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد علوفه عدس ۱۴۶۰/۵۲ کیلوگرم درهکتار در شرایط انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی مشاهده گردید. اما کمترین میزان آن ۶۹۵/۹۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط دیم و بدون کاربرد کود (شاهد) به‌دست آمد. کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی در مقایسه با کاربرد مجزای آن‌ها تأثیر بیشتری بر عملکرد علوفه عدس داشتند (جدول ۵). Amirnia *et al*, (2019) علت افزایش علوفه عدس با اعمال آبیاری تکمیلی را به افزایش تعداد و ارتفاع ساقه و رشد رویشی مربوط دانستند و کاهش میزان علوفه در شرایط تنش کم‌آبی را به کاهش فتوسنتز در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها نسبت دادند. افزایش تنش خشکی طی دوره رشد موجب کاهش فتوسنتز حقیقی و افزایش تنفس گیاه می‌شود که به تنهایی یا همراه یکدیگر قادرند فتوسنتز ظاهری و در نتیجه تجمع ماده خشک در علوفه را کاهش دهند. بنابراین کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و از طریق افزایش پیری برگ‌ها شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد (Ullah, 2010). افزایش تنش علاوه بر کاهش شاخص سطح برگ، سبب کاهش فشار تورژسانس در سلول‌ها می‌شود که این امر از طریق باقی‌ماندن آب کمتر درون سلول، از حجم سلول می‌کاهد که در نهایت، کاهش وزن سلول و کاهش عملکرد علوفه را به‌دنبال دارد (Mutumba *et al*., 2018). گزارش شده است که کاربرد منابع مختلف کودی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر دارد، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، عملکرد علوفه عدس افزایش می‌یابد (Amirnia *et al*., 2019). در سیستم تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی، وجود مقداری کود شیمیایی در ابتدای دوره رشد گیاه، کمبود عناصر غذایی محیط ریشه را جبران نموده و حتی ممکن است باعث بهبود تجزیه میکروبی کود آلی شود. به عبارت دیگر، در سیستم تلفیقی نقش کود شیمیایی جبران کردن اثر نیتروژن‌ربایی باکتری‌ها در اوایل دوره رشد و در نتیجه تجزیه میکروبی سریع و فراهم‌شدن عناصر غذایی قابل دسترس است. محققان بیان کردند که کاربرد توأم کودهای آلی و شیمیایی مزایای زیادی، نه فقط به خاطر افزایش جذب غذایی به‌وسیله گیاه، بلکه به خاطر افزایش عملکرد بیولوییکی داشت (Seyed Sharifi., 2014). همچنین، افزایش فعالیت میکروبی، آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک، اصلاح خواص فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه تهویه بهتر آن می‌تواند از دلایل دیگر افزایش عملکرد در روش‌های تغذیه تلفیقی باشد (Hasanzadeh Gorttapeh & Zahedmanesh, 2006).

عملکرد پروتئین خام علوفه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر عملکرد پروتئین علوفه معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد پروتئین علوفه (۳۳۶/۳۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط انجام آبیاری تکمیلی در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی به‌دست آمد، در حالی که کمترین میزان آن (۱۲۴/۲۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط دیم و بدون کاربرد

کود (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۵). می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی+کود زیستی+کود دامی از طریق تأثیر مثبت بر روی عملکرد علوفه و میزان پروتئین، موجب افزایش عملکرد پروتئین شده است. به نظر می‌رسد تأثیر تشدیدکننده‌ای که مصرف توأم کود دامی و باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر روی بیوماس گیاهی و نیز میزان پروتئین اعمال نموده است، می‌تواند منجر به یک اثر تقویت کنندگی بر ویژگی عملکرد پروتئین گردد. نشان داده شده است که انجام آبیاری تکمیلی موجب افزایش عملکرد علوفه عدس می‌شود و بدیهی است افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه منجر به افزایش عملکرد پروتئین نیز خواهد شد (Amirnia *et al.*, 2019). با توجه به این نتایج، می‌توان استنباط نمود که در حضور کودهای دامی و زیستی، جذب نیتروژن از کود شیمیایی افزایش می‌یابد و همچنین کاربرد توأم کودها سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند و کودهای شیمیایی نیز موجب تأمین عناصر نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه مخصوصاً در اوایل دوره رشد گیاه که کودهای آلی در حال تجزیه هستند، گردیده و در نتیجه شرایط مناسب‌تری برای رشد و تولید گیاه فراهم می‌شود و نهایتاً عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. لذا دلیل این افزایش عملکرد پروتئین علوفه، بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد و گیاه توانسته نیازهای غذایی خود را تأمین کند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد اعمال تلفیقی تیمار ۵۰درصد شیمیایی+کود زیستی+کود دامی بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد علوفه و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس در شرایط انجام آبیاری تکمیلی داشت. از طرف دیگر، رنگیزه‌های فتوسنتزی در نتیجه کاربرد ۵۰ درصد شیمیایی+کود زیستی+کود دامی بیشترین مقادیر را نشان داد، به‌طوری‌که انجام آبیاری تکمیلی موجب بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیمی توسط گیاه شد.

از نتایج به‌دست‌آمده چنین استنباط می‌شود که اعمال سیستم تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی به عنوان یک راهکار مؤثر در جهت اصلاح حاصلخیزی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی، باعث بهبود بسیاری از خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس می‌شود. بنابراین، با توجه به نتایج حاصله مشخص شد که جهت افزایش تولید در واحد سطح، وجود آب کافی در مراحل بحرانی رشد ضروری به نظر می‌رسد، حال آن که با مدیریت درست و استفاده تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی تحت شرایط آبیاری تکمیلی علاوه بر استفاده بهینه از آب و همچنین کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی که تأثیرات منفی زیادی بر سلامت بوم نظام‌های زراعی دارند، می‌توان به عملکرد اقتصادی بهتری با عملکردهای به‌دست‌آمده از مصرف کودهای شیمیایی دست یافت.

منابع

1. Abdel-Sabor, M.F., and El-Seoud, M.A.A. 1996. Effects of organic waste compost addition on sesams growth yield and chemical composition. Agriculture, Ecosystems and Environment 6(2-3): 157-164.
2. Aboutalebi, M.H., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., and Fayaz Moghadam, A. 2020. Evaluation the effect of drought stress on agrophydiological traits of corn (*Zea mays* L.) cultivars in Khoy condition. Journal of Crop Ecophysiology 14(1): 85-100. (In Persian).
3. Agazadeh, N., Hassanzadeh Ghorttapeh A., and Sharafi, S. 2018. The effect of soil amendments on the grain yield andgrain nutrient uptake of Salsola plant in the bed of Urmia Lake. Journal of Applied Ecology 7(1): 55-67. (In Persian).
4. Ahmad, A.H., Wahid, A., Khalidg, F., Fiaz, N., and Zamir, M.S.I. 2011. Impact of organic and inorganic sources of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.). Cercetari Agronomice in Moldova 44(3): 39-49.
5. Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soil and Crop Nutrition. Second Edition, Published by International Zinc Association and International Fertilizer Industry Association, Brussels, Belgium and Paris, France. 136p.
6. Amirnia, R., Ghiyasi, M., Moghaddam, S.S., Rahimi, A., Damalas, C.A., and Heydarzadeh, S. 2019. Nitrogen-fixing soil bacteria plus mycorrhizal fungi improve seed yield and quality traits of lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Soil Science and Plant Nutrition 19(3): 1-11.
7. Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M., and Nadeem, M.A. 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 16: 236-241.

8. Daneshnia, F., Amini, A., and Chaichi, M.R. 2016. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. Agricultural Water Management 164: 331-339.
9. Farahani, S.M., and Chaichi, M.R. 2013. Whole forage barley crop quality as affected by different deficit irrigation and fertilizing systems. Communications in Soil Science and Plant Analysis 44(20): 2961-2973.
10. Hamzei, J., and Sadeghi Meabadi, F. 2014. The effect of irrigation intervals and arbuscular mycorrhizal fungi on chlorophyll index, yield and yield components of grain sorghum. Journal of Crop Production and Processing 12(4): 211-220. (In Persian).
11. Hasanzadeh Gorttapeh, A., and Zahedmanesh, M. 2006. Effects of fertilizers systems on quality and quantity of oil from different sunflower cultivars. Journal of Environmental Protection and Ecology 7(4): 891-895.
12. Jalilian, J., and Heydarzadeh, S. 2017. Assessment of changes in grain yield, its components and weed suppression capabilities of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in rainfed and supplementary irrigation conditions. Rainfed Agriculture 6(1): 67-85. (In Persian).
13. Jasim, A.H., Merhij, E.I., Atab, H.A., and Abdalwahed, S.H. 2018. Effect of chemical and organic fertilizers and interactions with high potash and silicon spraying on *Vicia faba* L. antioxidants in salinity soil. Indian Journal of Ecology 45(4): 802-805.
14. Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C.F., Xu, X., Melchinger, A.E., and Chen, S. 2010. Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. Field Crops Research 118(3): 208-214.
15. Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Reserch 99: 106-113.
16. Liu, J., Xie, X., Du, J., Sun, J., and Bai, X. 2008. Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Horticultural Science 115:190-195.
17. Maehly, A.C., and Chance, B. 1959. The assay of catalase and peroxidase. In: D. Glick (Ed). Methods of Biochemical Analysis. Interscience Publishers, New York, 357-425 pp.
18. Martínez-López, J.R., Vázquez-Alvarado, R.E., Gutiérrez-Ornelas, E., Del Río, M.A.P., López Cervantes, R., Olivares-Sáenz, E., Vidales-Contreras, J.A., and Valdez-Cepeda, R.D. 2009. Mycorrhiza effect on nutritional quality andbiomass production of Agave (*Agave americana* L.) and Cactus pear (*Opuntia lindheimeri* Engelm.). Journal of the Professional Association for Cactus Development 11: 69-77.
19. Mohammadi, Kh., and Sohrabi, Y. 2012. Bacteral biofertilizer for sustainable crop production: A review. Journal of Agricultural and Biological Science 5 (7): 307-316.
20. Mutumba, F.A., Zagal, E., Gerding, M., Castillo-Rosales, D., Paulino, L., and Schoebitz, M. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria for improved water stress tolerance in wheat genotypes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 5: 76-88.
21. Nasri, R., Heydari Moghaddam, A., Sayyadat, S., Paknejad, F., and Sadiqi Shoa, M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 161-172. (In Persian).
22. Oweis, T., and Hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management 80: 57-73.
23. Panday, S.C., Choudhary, M., Singh, S., Meena, V.S., Mahanta, D., Yadav, R.P., Pattanayak, A., and Bisht, J.K. 2018. Increasing farmer's income and water use efficiency as affected by long-term fertilization under a rainfed and supplementary irrigation in a soybean-wheat cropping system of Indian mid-Himalaya. Field Crops Research 219: 214-221.
24. Pholsen, S., and Suksri, A. 2004. Effect of organic amendment and chemical fertilizer on growth, yield and fodder quality of a forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pakistan Journal of Biological Sciences 7(4): 651-657.
25. Rahimi, A., Moghaddam, S.S., Ghiyasi, M., Heydarzadeh, S., Ghazizadeh, K., and Popović-Djordjević, J. 2019. The influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian Cephalaria (*Cephalaria syriaca* L.). Agriculture 9(6): 122-137.

26. Rai, S.N., and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil 34: 131-134
27. Sardrood, S.N.E., Raei, Y., Pirouz, A.B., and Shokati, B. 2013. Effect of chemical fertilizers and bio-fertilizers application on some morpho-physiological characteristics of forage sorghum. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(2): 223-231.
28. Seyed Sharifi, R., Hasani, S., and Sedghi, M. 2014. Study of effects of integrated biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and related traits to grain growth of barley (*Hordeum vulgaris* L.). Rainfed Agriculture 2(1): 61-95. (In Persian).
29. Suryapani, S., Umar, S., Malik, A., and Ahmad, A. 2013. Symbiotic nitrogen fixation by lentil improves biochemical characteristics and yield of intercropped wheat under low fertilizer input. Journal of Crop Improvement 27(1): 53-66.
30. Swidzinski, J.A., Leaver, C.J., and Sweetlove, L.J. 2004. A proteomic analysis of plant programmed cell death. Photochem 65: 1829-1838.
31. Tavassoli, A., Ghanbari, A., Amiri, E., and Paygozar, Y. 2010. Effect of municipal wastewater with manure and fertilizer on yield and quality characteristics of forage in corn. African Journal of Biotechnology 9(17): 2515-2520.
32. Ullah, M.A. 2010. Forage Production in Panicum Grass-legumes Intercropping by Combining Geometrical Configuration, Inoculation and Fertilizer under Rainfed Conditions. Kassel University Press GmbH, 57-62 pp.
33. Wani, S.A., Chand, S., Wani, M.A., Ramzan, M., and Hakeem, K.R. 2016. *Azotobacter chroococcum*–a potential biofertilizer in agriculture: an overview. In: Soil Science*:* Agricultural and Environmental Prospectives. Springer, Cham. 333-348 pp.
34. Yolcu, H., Gunes, A., Gullap, M.K., and Cakmakci, R. 2012. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of Hungarian vetch. Turkish Journal of Field Crops 17(2): 208-214.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 183-198 (Original Research Article)

Investigating the effect of organic, biological and chemical fertilizers on the physiological and forage qualitative characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik) in rainfed conditions and supplementary irrigation

Heydarzadeh[1], Saeid; Hasanzadeh Gorttapeh[2]*, Abdollah; and Rahimi[3], Amir

1. PhD. Student, Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia; st_s.heydarzadeh@yahoo.com
2. Assistant Professor of Horticulture Crop Science Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO) ,Urmia, Iran
3. Assistant Professor of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia; rahimi@urmia.ac.ir

Received: 31 October 2020; **Revised:** 6 May 2021
Accepted: 1 June 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.89439

How to cite this article:
Heydarzadeh, S., Hassanzadeh Gortapeh, A., and Rahimi, A. 2021. Investigating the effect of organic, biological and chemical fertilizers on the physiological and forage qualitative characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik) in rainfed conditions and supplementary irrigation. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 183-198.

Introduction

Lentil is a plant that often grows in marginal lands and in less fertile soils. Lentil with high protein content play an important role in feeding livestock in these areas. A great part of the land in Iran is classified within the arid and semi-arid zone where water scarcity is the main limiting factor for crop production. So, increasing water productivity with respect to crop yield per unit area is the best approach for rain-fed farming systems. Drought stress that occurs during the reproductive growth period, adversely affects the yield and yield components. Supplemental irrigation can be an efficient technique to cope with the limited water availability and to stabilize the crop yields. Organic matter enhances soil quality by improving soil structure, nutrient storage, and biological activity. The use of biofertilizers reduces the use of chemical fertilizers and in addition to providing nutrients in a way that is fully compatible with the natural nutrition of plants, helps to preserve the environment, fertility of agricultural lands and more and better yield of plants. On the other hand, growth-promoting bacteria that can make a symbiosis with the roots of most crops not only affect the biological fixation of nitrogen, but also increase cell division in plants, change root morphology, increase the number of root hairs, and enhance nutrient uptake. The combination of these fertilizers makes it possible for the fertilizer to provide the plant with absorbable nutrients in the initial period of growth, and in the later periods of growth, and ideal conditions are provided for plant growth and while reducing production costs, it also increases the quantitative and qualitative yield of plants.

Materials and Methods

This factorial experiment was done as a complete randomized block design with three replications at Urmia University in 2017. Experimental treatments included once supplemental irrigation and dry farming as

*** Corresponding Author:** a.g.hassanzadeh@gmail.com

the first factor and application of different fertilizer resources including: chemical fertilizer (100%), biofertilizers (phosphate Barow-2 and Azotobacter) (100%), cow manure (100%), combined treatment: chemical+biofertilizer 50%, chemical+cow manure 50%, biofertilizer,+ cow manure 50%, biofertilizer+chemical+cow manure 50% and control at three replications were the second factor. Lentil plants were harvested on the 25-27th of June years. At harvest, random samples of plot for each experimental plants. The analysis of variance data was performed using GLM procedure (SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The effects of irrigation regimes, the application of different fertilizer resources and interactions of these two factors were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and means were compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P\leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that additional irrigation increased the percentage of protein, forage ash, water-soluble carbohydrates, digestible dry matter, and the activity of the enzyme glutathione reductase. But the highest amount of insoluble fiber in neutral and acid detergents was obtained in rainfed conditions. Also, the highest percentage of protein, forage ash, water-soluble carbohydrates, digestible dry matter and the activity of glutathione reductase enzyme were observed in the combined treatment of 50% chemical+biofertilizer+animal manure. While the use of different fertilizer sources compared to control had a significant effect on increasing the content of photosynthetic pigments and the activity of catalase enzyme in each of the irrigation conditions. Maximum forage yield (1460.52 kg/ha) and forage protein yield (336.38 kg/ha) were obtained in 50% chemical fertilizer+biofertilizer+animal manure treatment under additional irrigation conditions. Supplemental irrigation at flowering and pod filling period of Lentil enhanced the biological yield by positively influencing the development of auxiliary branches and plant height. The combined application of different fertilizer resources may improve nutrients uptake rate of the plants, thereby enhancing growth and development and leaf chlorophyll content followed by the increased level of photosynthesis and assimilation. The final result is the improvement of plant forage yield.

Conclusion

Application of different fertilizer resources could improve the uptake of forage yield in Lentil under supplementary irrigation. Therefore, according to the findings of this research, the combined use of different fertilizer resources to increase yield and maintain long-term production under rainfed conditions can be desirable for sustainable agriculture.

Keywords: *Aztobacter*، Biofertilizer، Integrated system، Sustainable Agriculture